＜通信・制御＞

科目｢実習｣における教材研究と指導の工夫

── 空気調和実習装置を活用した実習手引書の作成 ──

沖縄県立美里工業高等学校教諭　友　利　輝　則

Ⅰ　テーマ設定の理由

今日，建物はインテリジェント化（高度情報化建築物）が進み，あらゆる分野で自動制御の技術が用いられ，それに伴う集中管理制御可能な空調・照明・防犯・防災などの設備が充実されている。また，電力・通信需要に対応させるべく各所に工夫が設けられている。その中で，空気調和に関する設備は，室内環境を調整し，人々が快適に生活する上で重要な役割を果たしている。具体的には，温度・湿度・気流・空気清浄度・室内物品の放射・伝導などにより空気および熱の流れを調整することであり，一般的には「空気調和設備」と呼ばれる。さらに，シックハウス症候群や騒音・振動・臭気・照明および病原菌・放射性物質などの健康面に関する要素においても「空気調和設備」は重要である。

さらに，「空気調和設備」は，その取扱いについて，「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」や「高圧ガス保安法」など，重要な法規に関する知識が必要不可欠となる。

高等学校学習指導要領解説の工業編において，教科「工業」の科目「空気調和設備」のねらいは,「空気の組成や性質，空気調和装置の仕組みや各種機器の構造，性能，用途及び施工法などの空気調和設備に関する知識と技術を習得させ，空気調和設備及びこれに関連する諸設備を合理的に設計，施工する能力と態度を育てることである。」と示されている。ところが，本校設備工業科の生徒の多くは，空気調和と言えば単に｢涼しい｣｢冷たい熱｣というイメージしか持っておらず，身近な問題でありながら空気を調和することに関して，興味・関心があまり高くないのが現状である。また，設備の施工図面（建築図面，衛生配管図面，空調設備図面）の流れを理解するだけでは，実習装置との関連性が不十分である。実際の部品や機器を操作して初めてその理解が深まる。本校の「空気調和設備」に関する座学および実習は，２学年では基本的学習そして３学年では応用的学習を実施している。

本研究では，３学年実習の空調班において，週５時間連続の実習の中で実習機器操作や施工課題およびレポート課題提出を行う。また，実習を通して設備工業系の国家資格（危険物取扱者，ボイラ技士，電気工事士，消防設備士，冷凍機械責任者，建築配管技能士，冷凍空気調和機器施工技能士，管工事施工技術者）が有機的に連動していることを意識させることで，知識・技能を定着させる。そして生徒が，学んだ知識を元にして実習装置を操作できることで，空気調和設備における日々の管理および施工が大変重要であることを理解させることや技能の習得による充実感や達成感を醸成させる必要がある。

以上のことを踏まえて，今年度本校に新しく導入された空気調和実習装置を活用して，管理技術と施工技術における各々の機器取扱いおよび空気調和管理ならびに冷凍空気調和施工の技術（技能士レベル）との関連性を理解させる。また実習装置操作および施工技術の手引書や生徒向けのレポート課題用ワークシートを活用することで，生徒の興味・関心を高め，知識・技術の習得につながると考え，本研究のテーマを設定した。

〈研究仮説〉

空気調和実習装置の冷暖房総合運転実習において，実習手引書や教材を活用した実習を行うことで，生徒の興味・関心が高まり，知識と技術の習得につながるであろう。

Ⅱ　研究内容

１　空気調和実習装置の構成・制御の学習

本校の実習装置は本年度新しく配置され，この装置は冷水及び温水を作り，その水を配管内に送り風を当てて冷風及び温風をつくることができる。今回の装置は，中央制御盤・エアハンドリングユニット・チラーユニット・無圧式温水ボイラなどから構成される。また制御方法として送風制御ではモータダンパ（ＭＤ）制御，送水制御としてはモータバルブ（ＭＶ）制御があることを学んだ。ちなみに今回は上水を使って装置及び機器を運転するが，装置及び機器の劣化を防ぐようにするために軟水装置を取り入れてある。この軟水装置は常時運転ではなくバイパスバルブ操作により軟水及び上水の

切り替えがあり，軟水を作るための塩のコストをできるだけ抑えるように心がけた。

(1) 空気調和実習装置の構成について

空気調和実習装置の概略図を図１に示す。製造された冷水及び温水を蓄熱槽に溜めて，その冷水及び温水をエアハンドリングユニット（ＡＨＵ），ファンコイルユニット（ＦＣＵ），コンベクタ（ＨＵ）などに送り，冷風及び温風として負荷室内に送る。

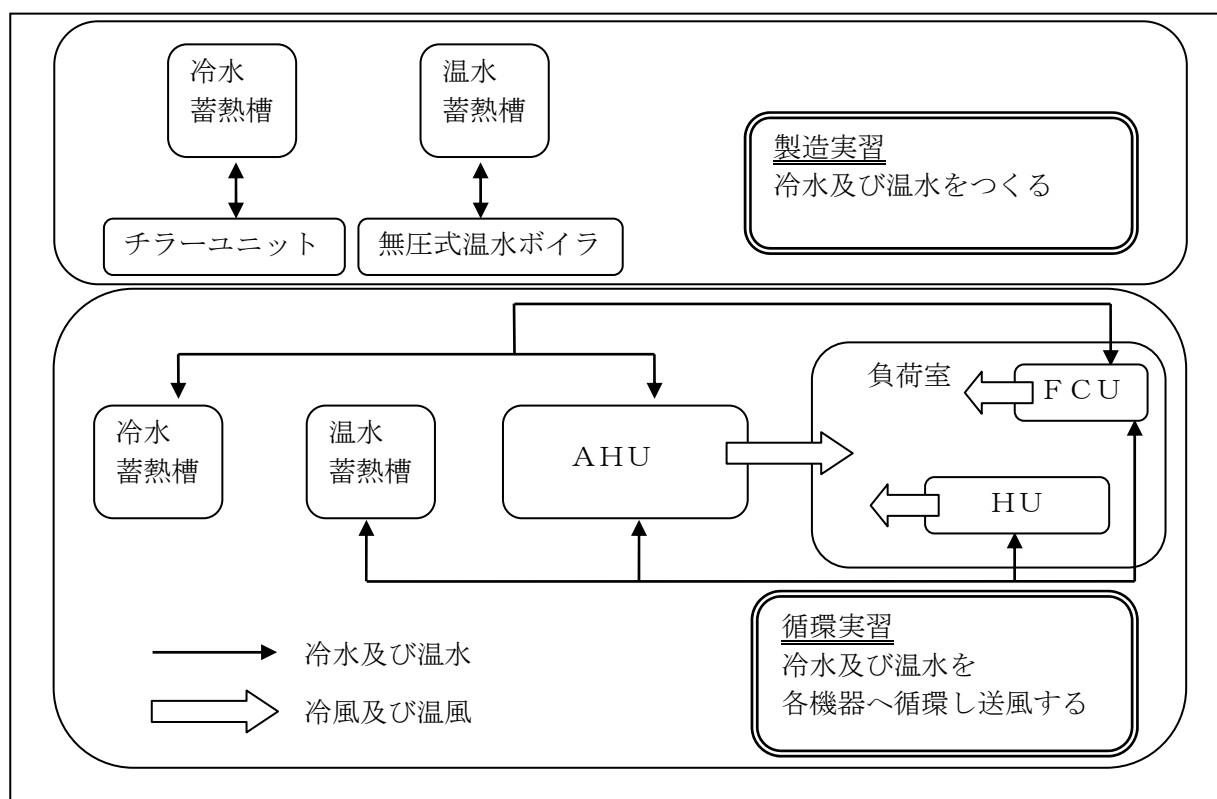



図１　空気調和実習装置の概略図

(2) 中央制御盤について

今回の装置の中央制御盤（図２）において，本研究で使用する制御盤は②空気調和実習装置制御，③冷水制御，④温水制御である。ちなみに図２の中央制御盤の①既存パッケージエアコン制御，⑤冷凍機制御は本研究の領域ではありません。

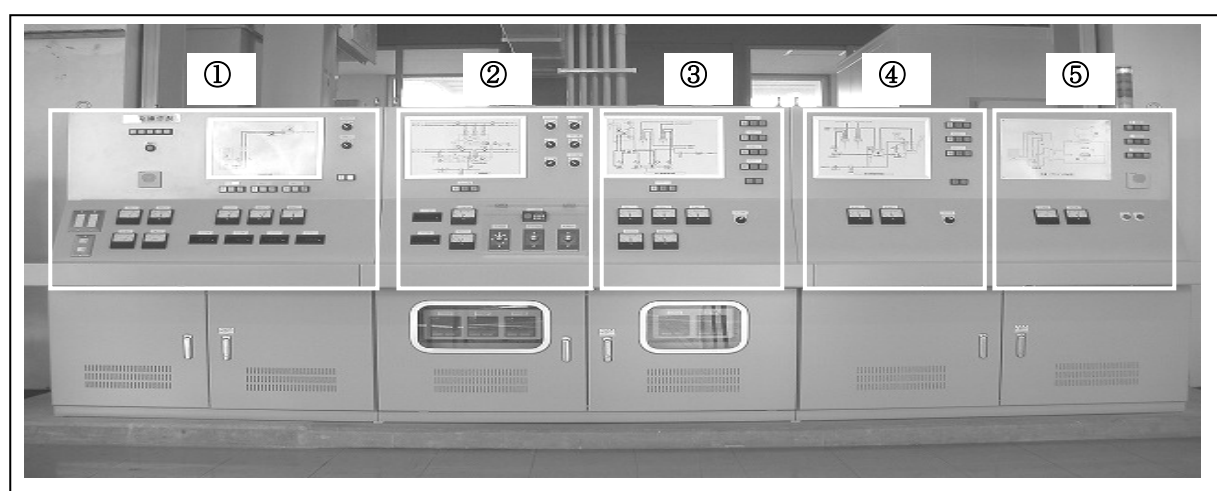



図２　中央制御盤

(3) インバータ周波数設定器及び各センサについて

エアハンドリングユニットの給気する場合，ファンを商用運転するか制御運転するかでは装置自体の効率にも影響してくることを学んだ。そこで今回の装置には様々な設定器及びセンサがあるが，代表的なものとして三方弁制御用室内温度センサ，ダンパ・モータ制御用室内温度センサ，室内湿度センサ，インバータ周波数設定器を使って取り組みました。

(4) チラーユニットについて

図３では冷水を作る装置である水冷式インバータチラーユニットである。装置は法定冷凍 7.92 トン，冷却能力 60kw，圧縮機としては２台ありインバータ 9.7kw と定速 5.3kw である。それぞれの圧縮機に低圧側（吸込み部分）と高圧側（吐出し部分）に圧力指示計と温度計が設置してある。装置の冷媒としてはＲ410Ａを使用しており，冷凍機油としてエステル油，フロン回収・破壊法としては第一種特定製品の範囲であることを学んだ。

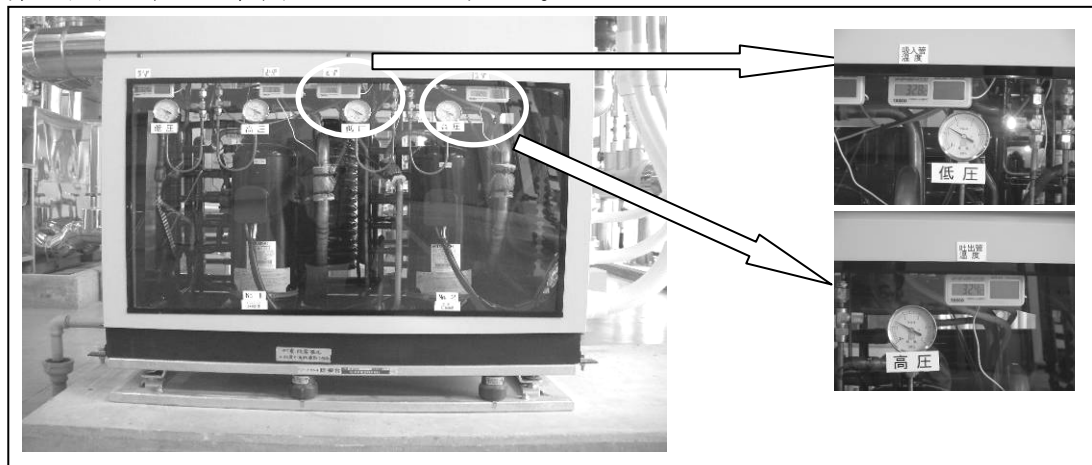



図３　水冷式インバータチラーユニット

(5) 無圧式温水ボイラについて

図４においては温水を作る装置の無圧式（大気圧）温水ボイラ装置である。この装置のボイラを焚く燃料は灯油である。装置周辺には温水配管があり，ボイラ内で作られた温水が集熱ポンプにより温水蓄熱槽へ流れる。

ボイラ本体のボイラコントローラ（温水温度調節器）について説明する。このコントローラによりバーナが停止する温度や再起動する温度を設定する。コントローラの表示項目は図４の①において電源・運転・燃焼・正常水位・異常・不着火のランプである。図４の②において現在温度・設定温度・主設定・副設定・低温設定中・低温運転中の表示項目である。図４の③において温度設定を変えるためのボタンである。図４の④において運転・停止・表示切替・リセットのスイッチである。また主温度設定（バーナ停止温度設定）の設定に注意することに心がけた。

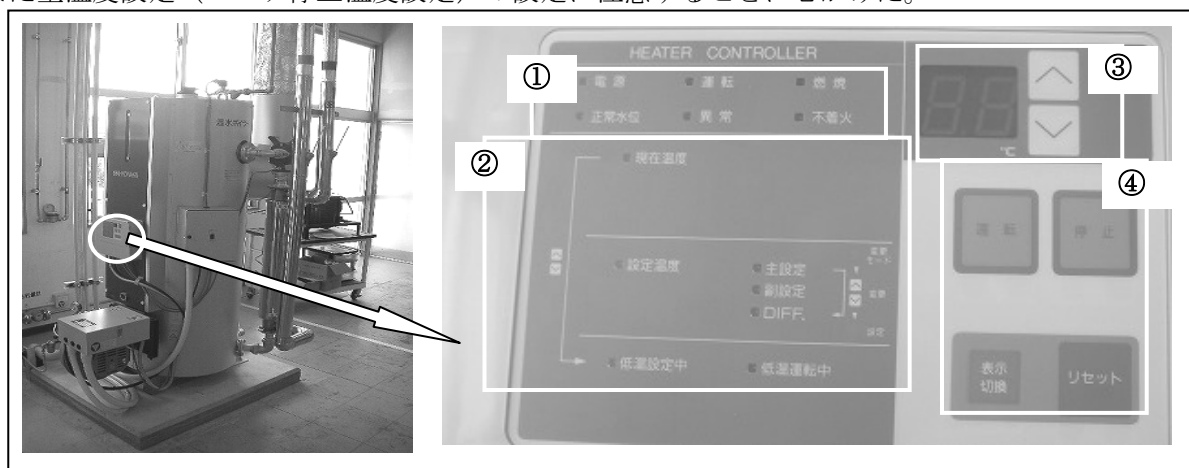



図４　無圧式温水ボイラ

(6) 測定機器について

装置運転する際に測定ポイントの温度・湿度・風速・回転数などを測定することを心がけた。今回の測定機器は二酸化炭素濃度計，デジタルマルチ環境計測器，ディジタルハンディタコメータである。

二酸化炭素濃度計については，5000ppm 以上は危険レベルとなっていることがわかった。デジタルマルチ環境計測器については，温度単位の摂氏及び華氏の切り替えなどがあり，風速センサ，湿度センサ，照度センサなどがある。ディジタルハンディタコメータについて，反射光（回転信号）を検出するための投受光部が重要であることを学んだ。

2　換気・排煙設備の構成の学習

エアハンドリングユニットを運転する場合，冷却塔室内はチラーユニットの凝縮器の冷却水を冷やすため，冷却塔から発生する蒸発潜熱を屋外に強制排気することにより，かなりの負圧が生じるためこの部屋の換気をしなければならない。したがってこの部屋を換気する目的のために，有圧換気扇を作動することにより負圧を抑えるように取り組んだ。

排煙設備としては，無圧式温水ボイラの排煙塔が部屋内から屋上に向けて排煙ダクトが設置されており，常時排煙するわけではなくボイラバーナが運転した時のみ排煙する仕組みとなっている。

(1) 冷却塔及び有圧換気扇について

本科の冷却塔は丸形開放式である。この冷却塔の冷却能力は76.7kw，循環水量は220L/minであり，冷却塔内は様々な部品（モータ・ファン・散水装置・充てん材等）が取り付けられている。冷却塔外側には循環水が通る配管などが設置されていて，凝縮器で温められた循環水は一度冷却塔上側まで送り，散水装置を通りながら蒸発潜熱により循環水温度を下げる。そして再び冷却塔下側に溜まった水が循環水としてラインポンプ（丸印）で引き上げられ凝縮器へ送り出される。

図５の①は有圧換気扇（給気），②は有圧換気扇（排気）である。これは冷却塔が周りの空気を吸い込んで吐き出す場合，この部屋自体がかなりの負圧になるのでこの換気扇により圧力を与えることにより影響を最小限に抑えることができた。

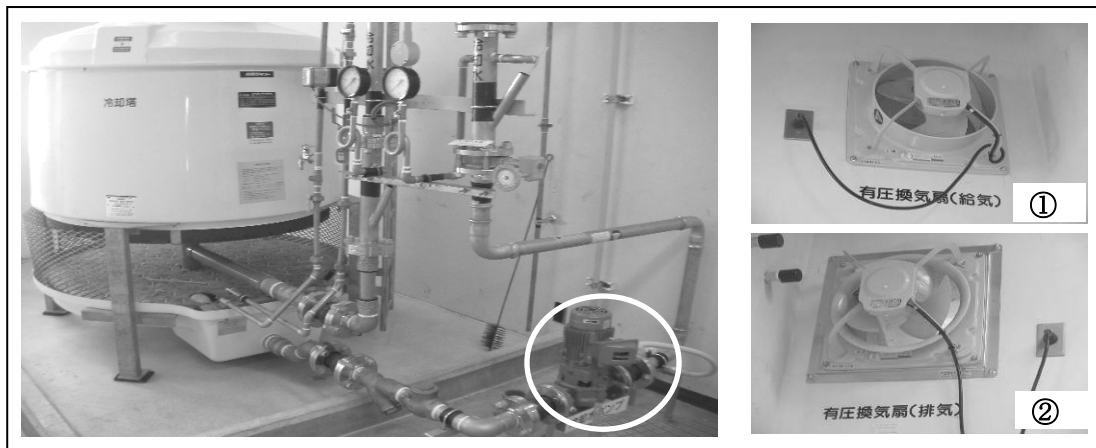



図５　冷却塔及び有圧換気扇

(2) 排煙ダクトについて

図６は無圧式温水ボイラより設置された排煙ダクトがあり，このダクトは空気調和実習室隣りの冷却塔室の壁（図６の①）を貫通して屋上（図６の②）まで縦ダクトとして設置されている。また屋上での排煙の温度・湿度・二酸化炭素濃度などを測定する際は注意しなければならない。周辺の安全管理（足場の位置など）を徹底すること。また図６の①においてダンパ開度を調節するハンドル（丸印）があるが，基本的にはダンパ開度は全開にして効率良く排煙しなければならない。それは排煙管理するとともにヒータの保守及び事故防止にもつながることを学んだ。

図６　排煙ダクト

3　冷凍空気調和施工の技術習得

図７の①は冷凍空気調和施工の実習の一環として，技能士レベル作品の材料となる銅管である。技

能士レベルではろう付け作業，銅管平面曲げ，銅管立体曲げなどを取り入れた作品を製作する。まず銅管を図７の①のように決められた寸法の銅管を５本用意する。

図７の②はアセチレンガス及び酸素ガスによる銀ろう溶接棒を使用したガス溶接であり，銅管を予熱している段階である。ある程度銅管に熱が通り高温になった段階で，ガス溶接器を銅管から離し溶接棒を隙間に注入するように溶け込む。完全に溶け込んだら，水などで急冷するのではなく自然に冷却（徐冷）させて完成である（図７の③丸印が溶接部分）。

図７　作業工程及び完成作品

(1) ダブルナット作業及びベンダ曲げ作業について

図８は二つのモンキレンチでのナット取り付け作業（ダブルナット）の様子であるが，この作業に関しての注意点は回すナットの方にトルクをかけることに注意が必要である（①のモンキレンチ側)。その一方押さえるほうのナット（②のモンキレンチ側）は仮止め程度で二つのモンキレンチがぶつからないようにする。

ベンダ曲げ作業については，曲げ仕上げ寸法を印し銅管をきっちりとベンダの溝に入れる。その際ベンダの０マーク合わせ及びＬ曲げかＲ曲げかをきちんと決定して曲げることが大切である。冷凍空調施工ではＬ曲げが通常使うが，施工現場によってはＲ曲げをやむを得ずする場合があるので注意すること。図９は 45°二段階曲げの様子であるが，初めに曲げた銅管のラインと二回目に曲げる銅管のラインが平行を保ちながら曲げるようにすることに心がけた。

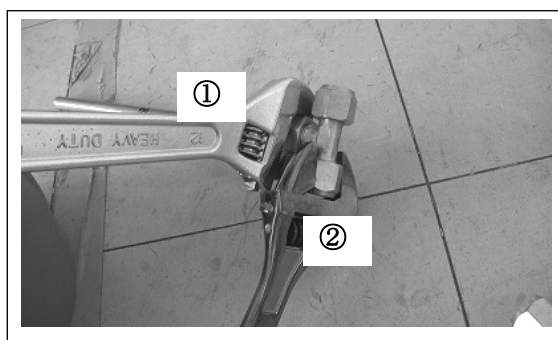



図８　ダブルナット作業

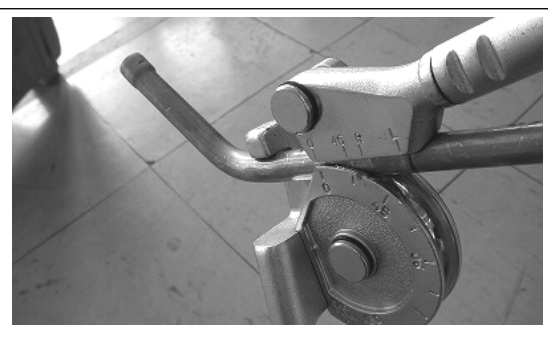



図９　ベンダ曲げ作業

４　空気調和実習装置の試験・保守の技術習得

エアハンドリングユニットによる冷風及び温風を給気する場合，冷水蓄熱槽及び温水蓄熱槽の水量も管理しないといけない。特に温水を作る場合，水の膨張によるオーバフローも考えられるので注意が必要である。またエアハンドリングユニット内への三方弁バイパス管があるが，この三方弁の開閉により冷水及び温水が送られる。そしてバイパス管より水が枝分かれしたところにそれぞれ止水弁がある。この止水弁により送る水の流量を変化できるので，冷水蓄熱槽及び温水蓄熱槽にどのような影響を及ぼすか試験しました。

保守に関しては，空気調和実習室に軟水装置が設置されていて，ボイラ運転する場合は必ず軟水装置のバイパス管のバルブ開閉を行い，上水から軟水へ切り替える必要がある。これはボイラ装置内及び温水循環配管内のスケール防止につながる。

また配管及びダクトに関して，熱絶縁施工がなされているので施工前と施工後では配管及びダクトの大きさもかなり変わるので最小トレース間隔を把握しなければならない。

そして万が一配管内に空気が入った状態で装置を運転するとさまざまトラブルが発生する。その代表的なトラブルがウォータハンマである。それを回避するため配管最上部の方に，空気抜き管（エア抜き管）の施工がある。また空気追い出しのための鳥居配管を施工することにより，循環ポンプが正常に作動し水の流れも良くなるので機器の保守につながる。外装材としてダクトはグラスウール材，

配管はポリスチレンフォーム材を使用し，各系統の配管の保温していることを学んだ。

配管材料において，冷温水管・冷却水管・給水管・給湯管は一般配管用ステンレス鋼管，ドレン管は配管用炭素鋼鋼管，冷媒管は銅管，排水管は硬質塩化ビニル管などを使用しているが，様々な水が流れる系統によって材料を変えていることを学んだ。

5　指導教材の開発と実習手引書の作成

指導教材の開発として熱負荷実験表や生徒用ワークシートを作成する。熱負荷実験表では三方弁バイパス管の配管の流れや，ＭＤ制御やＭＶ制御の項目を記載した。生徒用ワークシートは単に測定したデータを記入するだけではなく，考察欄や実習中に習った専門用語などを生徒に記入させることにより，考えながら実習できるようにワークシートを作成する。（図 10 参照）

図 10　熱負荷実験表（左）及びワークシート（右）

そして負荷室において熱負荷の状況を生徒に確認させる教材の一つとして，負荷室内での空気の様子がわかるように，生徒が製作したシャボン玉製造機を用いてシャボン玉を飛ばして，その動きがわかる動画を制作した。負荷室内が暖房の時はシャボン玉が浮き上がらず，冷房の時はシャボン玉が上昇しているようにみられた。

また実社会の現場においてはトラブルが起こります。そこで今回の実習項目の一つとして，空気調和実習装置のトラブル対処法として，生徒がトラブルを起こした現場より対処法を考え，そしてワークシートに記入させることにより，生徒の知識と技術の習得につながると考えられる。

実習手引書の作成においては，まず空気調和実習室の機器取扱説明書を元にして，生徒用と指導用の実習手引書を作成する。（図 11 参照）

生徒用実習手引書に関しては細かな部品などの拡大写真を載せ，矢印などを用いて説明文を記載した。説明文も簡潔にまとめて，できるだけ長い文章にならないように心がけた。実習の導入説明として冷房・暖房基礎学習，バルブ基礎学習，実習機器操作方法を元にして実習を行う。

指導用実習手引書は，各機器の規格や部品名など細かく説明してあり，実習の操作前・操作中・操作後の安全管理面の文章を記載するように心がけた。

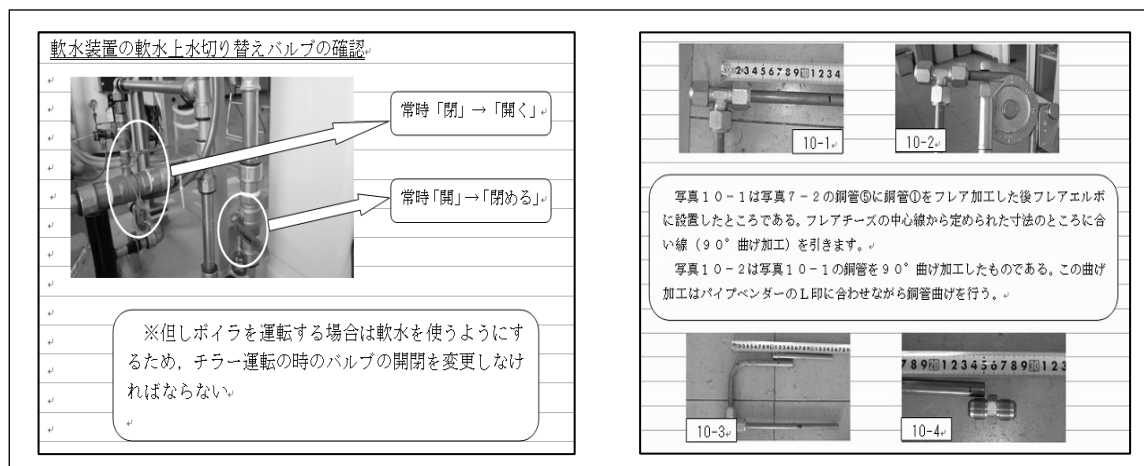



図 11　生徒用実習手引書（左）及び指導用実習手引書（右）

そしてそれぞれの実習手引書にトラブルが起きたときの対処法などを記載した。指導用実習手引書

に関しては，空気調和実習装置の各機器においてエアハンドリングユニット，チラーユニット，無圧式温水ボイラ，中央制御盤，負荷室，冷凍空調施工技術を元にして，実習を１週目から６週目まで展開する。

１週目の実習として導入部分の学習，２週目から４週目の実習では基本的な運転実習，５週目から６週目の実習では応用的な施工実習を行う。（図 12 参照）

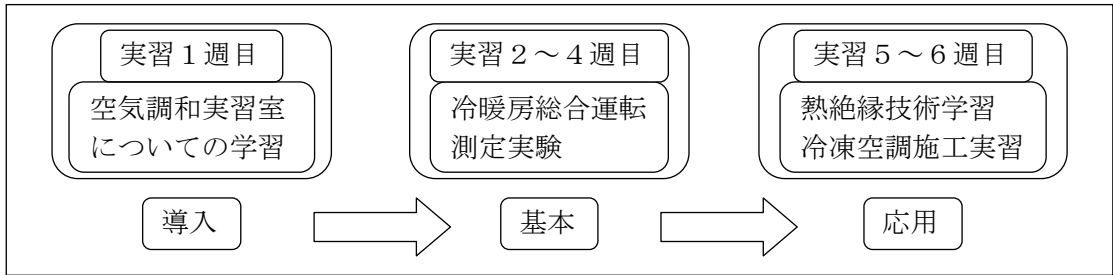



図 12　各実習項目の詳細

さらに指導用としてこれまでの実験データ参考例を添付してあるので，実習における実験のデータと比較できるように作成した。（図 13 参照）

時間	AHUモータ電力kw	MD用温湿度℃（%）	冷温水槽内温度℃	外気温度℃（制御盤）	外気湿度%（制御盤）	実験17（MD制御）	
17:15	1589	19.3℃（51.4%）	6℃／75℃	15.3℃	74.3%	FCU･HU	温水
17:25	1593	19.6℃（51.8%）	9℃／66℃	14℃	81.0%	AHU	○○○冷水
17:35	1597	20.1℃（50%）	11℃／62℃	13.9℃	79.3%	予冷コイル使用	
17:45	1602	20.6℃（48.8%）	13℃／59℃	13.9℃	82.4%	循環のみ	
	冷水ヘッダ(送)	冷水ヘッダ(還)	温水ヘッダ(送)	温水ヘッダ(還)	流量	温水循環	4．4m^3／h
17:15	11℃	11℃	58℃	56℃		温水製造	8m^3／h
17:25	12℃	12℃	56℃	54℃		冷水循環	8m^3／h
17:35	12℃	13℃	55℃	54℃		冷水製造	8m^3／h
17:45	12℃	13℃	54℃	52℃	FCU(入55℃出50℃) HU(入56℃出50℃)		
圧力	0.18MPa	0.1MPa	0.24MPa	0.16MPa			

A	B	J	K	L
実験回数		6	7	8
1	AHUモータ積算電力kw	17	16	16
2	負荷室温度差℃	8.9	-9.4	10
3	負荷室湿度差%	22.6	18.7	
4	冷水蓄熱槽温度差℃		10	
5	温水蓄熱槽温度差℃	17		22
6	冷水蓄熱槽熱変化率%		71.4	
7	温水蓄熱槽熱変化率%	37		46.8
8	冷水蓄熱槽変化熱量W		3719	
9	温水蓄熱槽変化熱量W	6321		8181

図 13　実験データ参考例

図 13 の実験データ参考例において，左の図は実験 17 回目（ＭＤ制御）の詳細である。この実験のデータ項目として，ＡＨＵモータ電力（ＡＨＵ給気側のインバータ），MD用温湿度，冷温水槽内温度，外気温度（制御盤表示），外気湿度（制御盤表示），ヘッダ温度及び圧力（冷水送り，冷水還り，温水送り，温水還り），流量（冷水循環，冷水製造，温水循環，温水製造）を作成した。

この実験では，ＦＣＵとＨＵには温水が循環し，ＡＨＵには三方弁バイパス管の三本の配管に冷水が循環している。また，ＦＣＵやＨＵの入口及び出口配管の温度を測定して，今後の熱負荷の計算に使用する。それから予冷コイルを使用しているが，これはＡＨＵにおいて外気を取り込む際に，冷水ヘッダからＡＨＵへ送る配管から分岐して，外気が冷やされます。

また各実験をまとめたのが図 13 の右の図である。データ項目として，ＡＨＵモータ積算電力，負荷室温度差，負荷室湿度差，冷水蓄熱槽温度差，温水蓄熱槽温度差，冷水蓄熱槽熱変化率，温水蓄熱槽熱変化率，冷水蓄熱槽熱変化量，温水蓄熱槽熱変化量を作成した。それぞれの実験の項目別のデータが比較しやすいように表にまとめた。また項目ごとの計算方法も記載して，実習担当者が生徒に説明できるように工夫をした。

図 14 は蓄熱槽変化熱量を各実験によってグラフにまとめた。このグラフでは 15 回分の実験をまとめたが，グラフの縦軸は熱量，横軸は実験回数とした。各実験において左の図と右の図を比べた場合変化熱量が無いようにみえるが，これは冷房運転（実験 1，2，3，7，9），暖房運転（実験 4，5，6，8，10，12，13，14），冷暖房運転(実験　11，15)の違いによることで，蓄熱槽への水の循環が無いためである。

これらの実験結果を踏まえて，冷水制御と温水制御では機器による違いはあるが，熱量がかなり異なることを生徒に伝え，実験の際に様々な諸条件により空気調和を同じ結果にすることの難しさを学んだ。

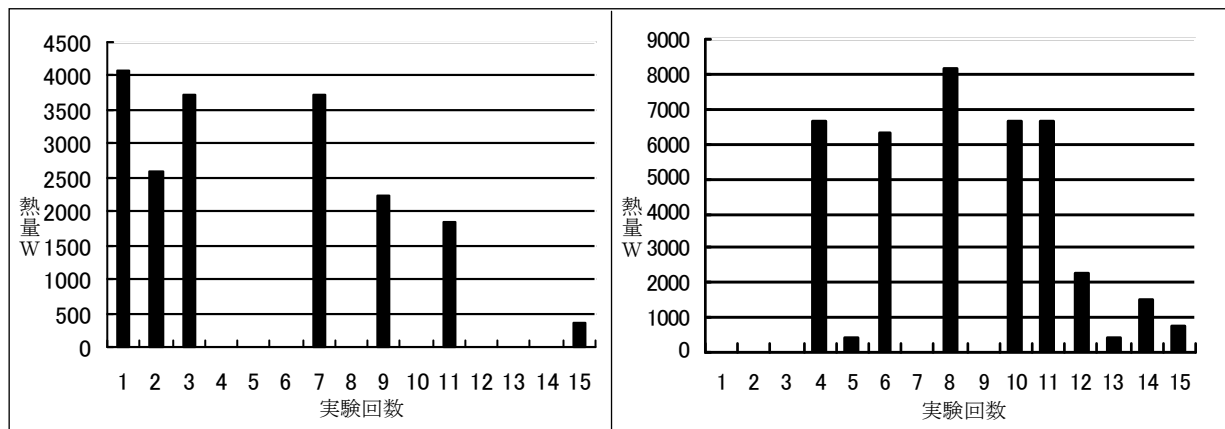



図 14　蓄熱槽変化熱量（左図は冷水蓄熱槽，右図は温水蓄熱槽）

Ⅲ　指導の実際

1　空気調和設備実習における年間指導計画

空気調和実習装置を活用した冷暖房総合運転実習は３学年で実施することを計画している。表１に空気調和設備実習における年間指導計画を示す。

表１　年間指導計画　　　　［　　］は検証授業

学年	週	実　習　内　容
３学年 ５単位	1	1　冷房，暖房の基礎学習 2　配管系統図（冷水，温水など）の照合 3　ダクト系統図（給気，排気など）の照合 4　制御系統図（温度，湿度など）の照合
	2	1　冷房に関する機器の種類について 2　チラーユニットの運転管理 3　運転前準備として中央制御盤操作（ブレーカ投入，制御電源など） 4　省エネ機器による操作実習（インバータ，全熱交換器など） 5　各出力値のチェック（電流，電圧など）
	3	1　無圧式温水ボイラの運転管理 2　運転前準備として中央制御盤操作（ブレーカ投入，制御電源など） 3　省エネ機器による操作実習（インバータ，全熱交換器など） 4　各出力値のチェック（電流，電圧など）
	4	1　冷暖房総合運転実習（ＦＣＵ，コンベクタなど） 2　空気調和実習装置の運転管理に伴う有資格者の必要性について 3　換気・排煙設備の構成の学習（負荷室などの能力の計算を行う）
	5	1　熱絶縁技術の学習（被覆材，識別の重要性について） 2　冷凍空気調和施工基本実習（フレアナット締付けトルクなど）
	6	1　冷凍空気調和施工応用実習（技能士レベル） 2　窒素気密試験作業（初圧及び昇圧，高圧作業の取扱い）

2　検証授業の実施

(1)　検証授業の概要

空気調和設備実習の実習内容から，今年度新しく導入された空気調和実習装置を運転して冷暖房総合運転実習に入る。具体的に，中央制御盤操作，チラーユニット装置操作，温水ボイラ装置操作により，冷水及び温水を作成して，大型の送風機であるエアハンドリングユニット内へ送り冷風及び温風を作り出す。そしてファンモータを通常運転や制御運転することにより負荷室内に送る風の制御を行う。

本検証授業は，ワークシートを作成し，冷水及び温水を制御することで，生徒の冷暖房総合運転実習に関する興味・関心と，実習手引書の有効性を検証するため行った。

(2) 単元名

「空気調和設備実習」

(3) 単元設定の理由

① 教材観

本単元は空気調和設備を運転するにあたって，省エネルギーを考慮に入れながら理解させなければならない。冷暖房における様々な系統図と実際の施工現場を見比べるようにすることが大切である。あらゆる実社会の現場において空気調和設備がなくてはならない存在であり，空気調和設備を運転する際は機器によって有資格者の必要性があり，各々の法律と照らし合わせて確認する必要がある。この内容は，高等学校学習指導要領の教科「工業」，科目「空気調和設備」の内容の取扱いに適合し生徒の能力と態度を育てることができる。そして機器の保守管理に関しては，運転試験及び消耗品の確認を徹底し行い，空気調和設備の維持管理に努めることが重要である。

② 生徒観

本校設備工業科の生徒は，入学当初は設備工業に対してのイメージはどうしても水道配管工事の印象が強く，空気調和に対して意識が高くない。したがって本科では科目「空気調和設備」を２，３学年で座学を展開し，さらに科目「実習」においても２，３学年で実技を実施している。基本的及び応用的な知識と技術を身につけることにより，その結果，空気調和設備に関連する資格において生徒が積極的に参加して資格取得状況も年々良くなっている。

③ 指導観

事前授業では系統図の照合及び空気調和実習装置の運転管理を行う。特に運転管理においては運転前準備として中央制御盤操作を確認させ，分電盤のブレーカの状況，各センサの表示値に注意しなければならない。そしてヘッダバルブ状況や機器の設定温度等などを生徒自ら確認し，冷暖房総合運転実習が実習手引書を参考に操作できて，万が一の場合に備えて生徒自身がトラブル対処法の能力を身につけさせたい。

(4) 本時の学習指導

① 主題名　　空気調和設備実習（冷暖房総合運転実習）

② 指導目標

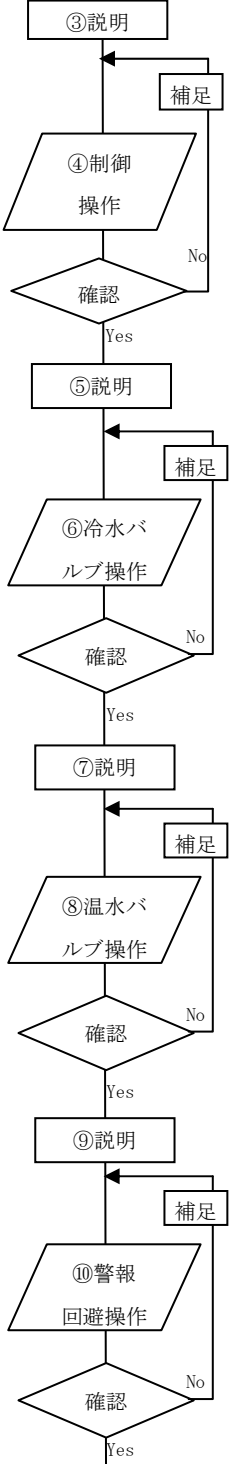
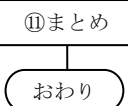
冷暖房総合運転実習では冷水及び温水を製造しながらエアハンドリングユニット，ＦＣＵ，コンベクタなどに循環水として送りながら給気ファンも運転するので，機敏な操作技術が必要である。特に各バルブ開閉状況及び各々の機器の設定を注意しなければならない

③ 目標行動

中央制御盤操作及びバルブ操作により冷暖房総合運転実習ができる。

④ 下位目標行動

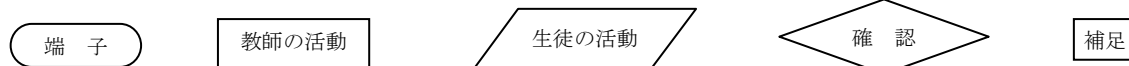
ア$_R$　冷暖房総合運転実習について理解できる。
イ$_R$　ＭＶ制御とＭＤ制御について理解できる。
ウ　トラブル対処法について理解できる。
エ　チラーユニットについて理解できる。
オ　無圧式温水ボイラについて理解できる。
カ　系統図（配管・ダクト・制御）について理解できる。

⑤ 形成関係図

Ｇ←ア$_R$←イ$_R$←ウ←エ←オ←カ

(5) 評価の観点

評価の観点	評価の内容
①関心・意欲・態度	空気調和設備実習を進める上で，実習に意欲的に取組む事ができる。
②思考・判断	誤操作による対処方法を考え，判断できる。
③技能・表現	中央制御盤操作・機器運転操作・バルブ操作ができる。
④知識・理解	系統図が理解できて現場との照合が理解できる。

(6) 本時の展開

端　子　　教師の活動　　生徒の活動　　確　認　　補足

学習 展開	学習の流れ	教師の活動及び留意点	生徒の活動	下位 目標行動	評価の 観点
導入 10分	はじめ 本時の目標	①集合（あいさつ，出席確認） ②本時の学習内容を説明する	②これまでの学習内容を再確認する		
展開 150分	③説明 補足	③冷暖房総合運転実習の説明 ・FCU及びコンベクタの内容を確認	③水及び空気の流れを理解する	ア$_{R}$	④
	④制御操作 確認 No / Yes	④MV制御とMD制御操作の説明 ・生徒間巡視 ・操作状況確認	④中央制御盤について理解する	イ$_{R}$	①③
	⑤説明 補足	⑤チラーユニットの説明 ・ヘッダバルブ状況確認 ・実習内容の確認	⑤チラーユニットの設定状況を確認する	ア$_{R}$・エ	①③④
	⑥冷水バルブ操作 確認 No / Yes	⑥冷却塔の説明 ・生徒間巡視 ・操作状況確認	⑥冷却塔室内の有圧換気扇の確認	エ	①②③
	⑦説明 補足	⑦無圧式温水ボイラの説明 ・ヘッダバルブ状況確認 ・実習内容の確認	⑦温水ボイラの設定状況を確認する	ア$_{R}$・オ	①③④
	⑧温水バルブ操作 確認 No / Yes	⑧排煙塔の説明 ・生徒間巡視 ・操作状況確認	⑧屋上につながる排煙ダクトの確認	オ	①②③
	⑨説明 補足	⑨冷暖房総合運転実習の説明 ・ヘッダバルブ状況確認 ・実習内容の確認	⑨MV制御及びMD制御の設定確認	イ$_{R}$・カ	①②
	⑩警報回避操作 確認 No / Yes	⑩トラブル対処法の説明 ・生徒間巡視 ・操作状況確認	⑩蓄熱槽の温度センサ設定確認	ウ	②③④
まとめ 10分	⑪まとめ おわり	⑪本時の実習内容をまとめ，次回の実習の説明をする	⑪冷暖房総合運転実習の内容を確認する		

3　仮説の検証

(1) 検証授業の概要

冷暖房総合運転実習の実習内容で検証授業を実施した。本検証授業において冷水及び温水のデータのワークシートを作成し，冷水及び温水を制御することで，生徒の冷暖房総合運転実習に興味・関心が高められると考えた。下の写真は検証授業の様子であるが，写真１はバルブ操作及び測定，写真２は中央制御盤操作である。

写真１　検証授業の様子１

写真２　検証授業の様子２

(2) 冷暖房総合運転実習の知識と技術の習得について

検証授業の生徒アンケート結果(図 15)より考察する。質問①と質問②は冷暖房総合運転の基本的な知識の質問である。アンケート結果よりどちらの質問も検証授業後では「とてもある」,「ある程度ある」の割合が増加し，最新の冷房機器及びボイラに関する知識が高まったと思われる。理由は冷房機器及び暖房機器では，冷温水を作る際に水温制御などの管理により安全管理をしなければならないので，機器に関する興味・関心が高まったのではないかと考える。

質問③では冷暖房総合運転の応用的な知識の質問である。アンケート結果より検証授業後では「ある程度しっている」の割合が増加し，熱絶縁技術がいかに重要性を認識できたと考えられる。理由としては，いくら冷水及び温水を作っても，その水を送る配管や，風を送るダクトなどから冷熱や温熱が逃げては効率が下がる。したがって生徒が熱絶縁技術に対する考えが，他の機器にも影響がでることがわかったのではないかと考えられる。

質問④では冷暖房総合運転の管理の質問である。アンケート結果より検証授業後では「ある程度しっている」の割合が増加しているが，冷暖房総合運転する際に法律で定められた基準に則り運転しなければならない。そして総合運転前や運転後では，法律で定められた資格を持っていないと運転が出来ないし，機器のメンテナンスにも資格が必要になることがわかったと思われる。

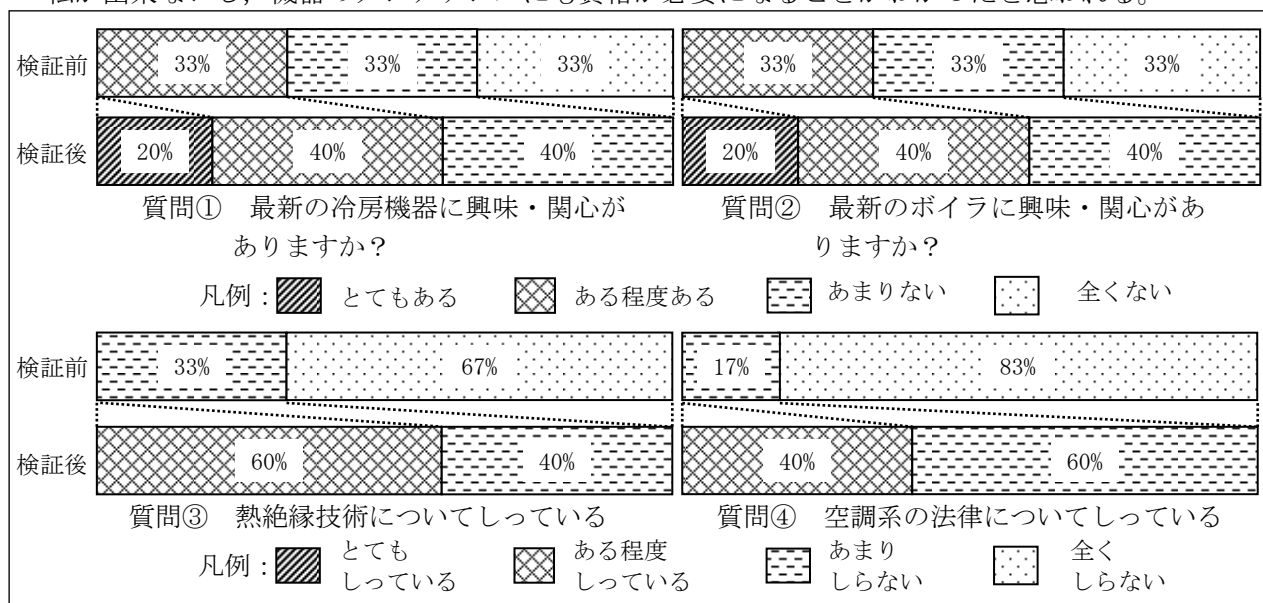



図 15　生徒アンケート結果１

(3) 実習手引書と実習の概要について

検証授業前の実習では，実習装置の操作手順などは口答で説明していたが，検証授業では生徒用

の実習手引書を使い実習を行った。図 16 の質問⑤について，アンケート結果からもわかるようにほとんどの生徒が「よくわかる」,「ある程度わかる」を選んでいる。これは生徒自ら実習手引書を確認して操作を行い，生徒同士もお互いの間違った点などを指摘しながら実習を進めていったので，この結果につながったと考えられる。質問⑥は冷暖房総合運転実習の概要について，ほとんどの生徒が「ある程度わかる」,「すこしわかる」を選んでいるので，実習の内容は理解できたと考えられる。しかし「よくわかる」を選んでいる生徒はいないが，これは実習装置のバルブ操作において配管内の水量と圧力を調整するのに時間がかかったため，この結果につながったと考えられる。

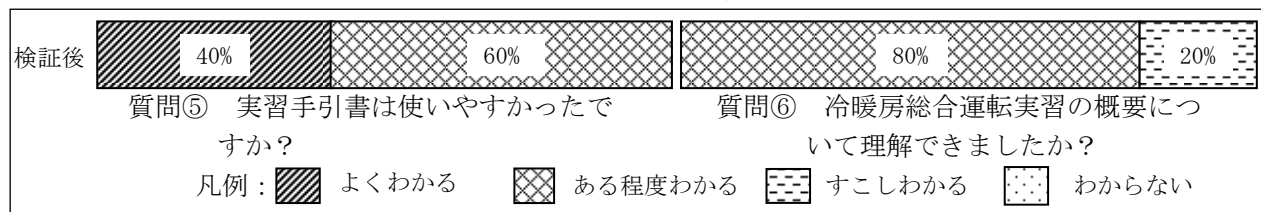



図 16　生徒アンケート結果２

(4) ワークシートの効用について

今回の検証授業では空気調和実習装置を操作して，冷暖房総合運転を行い，ワークシートに測定したデータを作成するが，各機器のトラブル対処法についての実習を行った(図 17 参照)。

この実習では実際に操作を行い機器のトラブルについて，生徒達が現場を確認し原因を探してワークシートに書いていく作業である。原因がわかったとしても，文章にして書くことが難しく苦労していた様子が見受けられた。

特にバルブの開閉状況は一目見ただけではわかりづらく，バルブを触らなければならないので原因を究明できない。したがって実際にワークシートに文章を書くことにより，さらに知識と技術の習得につながるであろうと考えられる。

○空気調和実習装置のトラブル対処法についての問題です。以下の問いに答えましょう。

問１　中央制御盤の空気調和機の運転スイッチを押しても送風できない。何故でしょうか？

理由
インバータ周波数設定器がセットされていなかった。

問２　冷却水ポンプ単独運転を行い，吐出圧力が０になっていきます。　何故でしょうか？

理由
ラインポンプのハブルがジャットしていた。

問３　冷水製造単独運転で吐出圧力が０になっていきます。何故でしょうか？

理由
冷水蓄熱槽からポンプに向かうバルブがしまっていた。

図 17　ワークシート例

Ⅳ　成果と課題

１　成果

(1) 本研究を通して，今年度導入された空気調和実習装置の操作に関する知識と技術を習得した。

(2) インバータ制御による省エネ運転により蓄熱槽の熱負荷を抑えることができた。

(3) 実習装置の操作技術を生徒に還元し，安全管理面の重要性を教えることができた。

２　課題

(1) 手引書の改善

実習手引書は検証授業の生徒の様子やアンケートを踏まえ，実習の流れが理解しやすい手引書となるように改善を図りたい。また今回の研究で空気調和実習装置を操作しての実験データが不十分である。したがって実習担当者向けへの参考実験データを出来る限り多くの実験を行い，空気調和実習装置の実習が円滑に行えるようにしたい。

(2) 操作技術の工夫

実習装置を運転する際に，バルブ操作や機器の設定温度の管理のタイミングに工夫を図り，空気調和の温度調整を素早くできるようにしたい。

(3) 関連法令との関わり

空気調和に関連する機器を運転する際に各法令を遵守し，特に安全管理面をしっかり生徒にも伝えたい。今後経年変化に伴う機器の不具合が出てくるので，実習装置を操作する運転前及び運転後において機器の調整なども授業で教えていきたい。

〈主な参考文献〉

管工事施工管理技術研究会　2009　『管工事施工管理技術テキスト』　地域開発研究所

設備と管理編集部　1999　『絵ときビル設備基礎百科早わかり』　オーム社

中井多喜雄　1994　『イラストでわかる空調設備のメンテナンス』　学芸出版社